

## COMPARACION DE TRES METODOS PARA LA DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA EN ALGUNOS SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA(\*)

Por Jaime Arenas Buenahora

### — I. — INTRODUCCION

La compleja naturaleza de la materia orgánica del suelo y sus diferentes cantidades a diferentes condiciones, son causa de que se presenten numerosas dificultades en su determinación exacta. Este hecho ha determinado una gran proliferación de métodos y técnicas de análisis, cada uno de los cuales trata de subsanar las limitaciones de los otros, sin conseguirlo absolutamente.

En Colombia no se ha formado un criterio definido sobre el método o métodos apropiados de determinación de la materia orgánica de los suelos, por no existir estudios anteriores del problema. Solamente se han seguido las técnicas de análisis más en uso en los Estados Unidos, sin tener en cuenta que sean apropiadas o no para las condiciones edafológicas y climáticas del país.

En el presente trabajo se comparan tres métodos que envuelven distintos principios de análisis:

- 1.—Determinación de materia orgánica total por combustión seca.
- 2.—Determinación de materia orgánica oxidable por combustión húmeda.
- 3.—Determinación de materia orgánica total por pérdida de peso.

El objeto del presente trabajo es comparar los resultados obtenidos por los diferentes métodos; establecer coeficientes de correlación entre ellos y obtener un promedio de oxidación de la materia orgánica en estos suelos usando el método de la combustión húmeda. Con este fin se han analizado varios suelos representativos del valle

---

(\*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia del Dr. Emilio Ramírez R., a quien el autor expresa su gratitud.

fisiográfico del río Cauca y con base en estos resultados, se trata de dar alguna información básica sobre la conveniencia o limitaciones del uso de tales métodos en la determinación de la materia orgánica en los suelos de esta región.

## II.— REVISION DE LITERATURA

Desde principios del siglo pasado ya existía la preocupación por determinar la cantidad y composición de la materia orgánica del suelo. Es así como en 1826 Sprengel indicó que la materia orgánica del suelo contenía aproximadamente en promedio un 58% de carbón orgánico (Schollenberger, 17). Con base en este porcentaje, Wolff en 1.864 sugirió la aplicación del factor 0.471 para la conversión del bióxido de carbono en materia orgánica (Robinson, 15).

Así mismo Van Bemmelen propuso el factor 1.724 para convertir el carbono orgánico en materia orgánica (Jackson, 8). Hoy en día estos factores, a pesar de sólo representar un promedio, son usados para todos los cálculos de estos constituyentes del suelo.

Los primeros métodos usados para determinar la materia orgánica del suelo se basan en el cálculo de la cantidad total de ésta por pérdida de peso, bien por calentamiento a bajas temperaturas o por oxidación efectuada por el peróxido de hidrógeno, tal como lo propuso Robinson (15) en 1927. Estos métodos son considerados como imprecisos debido principalmente a que incluyen en la pérdida de peso imputable a materia orgánica, el agua higroscópica combinada con las arcillas del suelo y bióxido de carbono proveniente de los carbonatos. Además la oxidación de la materia orgánica no es completa (Dyal and Drosdoff, 6; Jackson, 8; Piper, 14; Robinson, 15; Smith y Weldon, 18).

Posteriormente Schollenberger propuso el método que lleva su nombre y que consiste en la oxidación de la materia orgánica por medio del dicromato de potasio, ácido sulfúrico, aplicación externa de calor y determinación del ácido crómico reducido por la materia orgánica mediante titulación (Piper, 14). Este método es aún muy usado por su relativa exactitud y por no requerir material o equipo costoso (Jackson, 8; Schollenberger, 17).

Partiendo del principio básico del método de Schollenberger, se han ideado una gran diversidad de modificaciones con el objeto de hacer más rápido el método y de calibrarlo para diferentes condiciones.

La modificación más conocida es la sugerida por Walkley y Black en 1934 que fue simplificada por Walkley un año más tarde. La principal diferencia con el método de Schollenberger consiste en el modo como la oxidación de la materia orgánica es efectuada (Jackson, 8; Piper, 14). En este método no es necesario aplicar calor externo, puesto que, según Walkley (19), al ser adicionado ácido sulfúrico a una mezcla de suelo y dicromato de potasio, la dilución le-

vanta la temperatura suficientemente para inducir una sustancial oxidación de la materia orgánica.

En 1948 Graham (7) basándose en el mismo principio de Schollenberger, sugirió un método que mide colorimétricamente el exceso de dicromato no reducido por la materia orgánica. Los métodos colorimétricos ofrecen también la ventaja de la rapidez en las determinaciones y como los demás han sufrido varias modificaciones según las diversas condiciones (Carolan, 3; Wilde, 20).

Paralelamente con los métodos reseñados, se ha venido empleando el método ortodoxo de la combustión seca para determinar la materia orgánica total del suelo. Este método es considerado como el más exacto y es generalmente usado como patrón de comparación de los otros métodos (Browing, 2; Carolan, 3). De acuerdo con Phipper (14) es un método largo y requiere un equipo costoso.

### III. MATERIALES Y METODOS

La localización de las muestras de suelos estudiadas puede verse en el mapa que se presenta en la figura 1.

Se tomaron treinta muestras tratando de abarcar las zonas más representativas e importantes agrícolamente del valle fisiográfico del río Cauca. A cada muestra se le asignó un número con el fin de facilitar su identificación. Los análisis se hicieron por duplicado.

De acuerdo con Stutzer, el material parental de los suelos del valle está formado por material de sedimentación proveniente de las partes altas de la cordillera y por cenizas volcánicas (Aristizábal y Baird, 1).

Llano (12), considera los suelos de la terraza superior del valle como planosles y los de la terraza inferior, que corresponde a una estrecha faja inundable paralela al río Cauca, como aluviales. La terraza intermedia está formada por suelos que, según Jenny (9), tienen una gran similitud con el gran grupo de los Chernozem.

El valle fisiográfico del río Cauca se halla a una altura de 1.000 metros sobre el nivel del mar; tiene una temperatura promedio entre 23 y 24°C y una precipitación de 1.000 a 1.500 m.m. anuales (Jenny, 9).

En la Tabla I (\*) se da una idea sobre el estado general de fertilidad de los suelos del Valle del Cauca.

Los métodos de Laboratorio usados fueron los siguientes:

A). **Combustión seca.**— El equipo usado, como puede verse en la Fi-

(\*) Comunicación personal del Dr. Emilio Ramírez R., con base en análisis efectuados por la C.V.C.

## — T A B L A I —

**Cantidades de materia orgánica, nitrógeno total y elementos nutritivos en los suelos del Valle del Cauca.**

Constituyentes	%	Kg/Ha.
Materia orgánica	3,13	62.000,00
Nitrógeno (N)	0,267	5.340,00
Acido fosfórico ( $P_2O_5$ )	0,0035	69,74
Potasa ( $K_2O$ )	0,035	701,00
Calcio ( $CaO$ )	0,30	6.016,00

gura 2, consta de:

- 1.—Tanque que suministra oxígeno, que se combina con el carbono del suelo;
- 2.—Manómetro de mercurio para regular el flujo de oxígeno;
- 3.—Torre combinada de ascarita y cloruro de calcio para absorber el bióxido de carbono que queda tener el oxígeno;
- 4.—Válvula de mercurio para evitar que el gas se devuelva;
- 5.—Cámara de combustión donde el oxígeno a alta temperatura oxida la materia orgánica a bióxido de carbono y agua;
- 6.—Torre de zinc donde empieza la purificación del bióxido de carbono; el  $SO_3$  y  $SO_2$  son absorbidos allí;
- 7 y 8.—Torres de cloruro de calcio para absorber la humedad del bióxido de carbono;
- 9.—Torre de ascarita que absorbe el bióxido de carbono producto de la oxidación de la materia orgánica;
- 10.—Botella con ácido sulfúrico concentrado, donde se hace burbujear el oxígeno sobrante.

El procedimiento a seguir es el siguiente: se enciende el horno con  $1\frac{1}{2}$  o 2 horas de anterioridad a la determinación, con el fin de que la temperatura suba de 950 a 1000°C; se pesa previamente la torre de ascarita; se establece un flujo de oxígeno tal, que permita una alta oxidación de la materia orgánica sin que haya un arrastre de las partículas de suelo a través del horno. Se pesan 2 gramos de suelo seco al aire y se le adicionan 0.250 gramos de bióxido de manganeso que obra como catalizador.

La muestra se coloca en una "navecilla" especial y se introduce en un tubo de cuarzo que va dentro del horno y se deja calcinar por  $\frac{1}{2}$  hora. Luego se pesa de nuevo la torre de ascarita y la diferencia entre el peso de la torre antes y después de oxidada la muestra, se toma como bióxido de carbón.

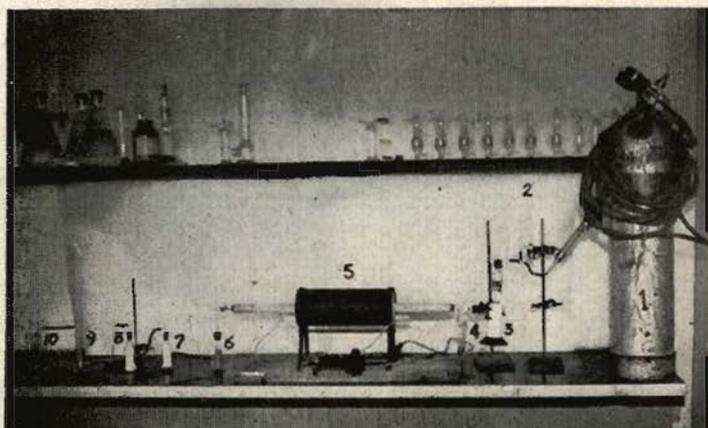


FIGURA 2.— Equipo usado en la determinación de materia orgánica por el método de combustión seca.

Foto: A. Figueroa.

Como los carbonatos del suelo producen bióxido de carbono que interfiere los resultados, es conveniente determinarlos por cualquiera de los métodos comunes de análisis para hacer la corrección del caso.

**B). Combustión húmeda.**— Se siguió la técnica de Walkley Black con algunas modificaciones. El procedimiento consiste en pesar 0.5 gramos de suelo seco al aire y pasado por un tamiz de 2 m.m., se coloca en un erlenmeyer de 500 c.c.; se le agregan 10 c.c. de dicromato de potasio 1 N y 10 c.c. de ácido sulfúrico concentrado; se agita vigorosamente por 1 minuto y luego se deja en reposo por 1 hora. Seguidamente se adicionan 100 c.c. de agua destilada, 1 c.c. de difenil-amina y 5 c.c. de ácido fosfórico al 85%. Luego se titula el exceso de dicromato de potasio con sulfato ferroso 1 N. Se corre un blanco junto con las determinaciones.

**C). Ignición a baja temperatura.**— La determinación se efectuó de la siguiente manera: 5 gramos de suelo seco al aire se colocan en crisoles de porcelana y se ponen a calcinar en una mufla a una temperatura de 650 a 900°C por el término de 1 hora. Se deja enfriar y se pesa de nuevo; la diferencia de peso se toma como materia orgánica.

Sin embargo en esta pérdida de peso va incluida la pérdida debida al agua higroscópica del suelo; es pues necesario proceder a determinar la pérdida debida a esta humedad y luego restarla de los resultados inicialmente obtenidos.

Para comparar los resultados obtenidos por los métodos de combustión e ignición a baja temperatura, con los obtenidos por combus-

ción seca, se calcularon coeficientes de correlación entre estos datos.

#### IV.— RESULTADOS

Los resultados de las determinaciones de carbonatos y agua higroscópica, es decir, de los datos necesarios para las correcciones de los métodos de determinación de materia orgánica total por combustión seca y por pérdidas de peso respectivamente, se presentan en la Tabla II.

En la Tabla III se dan los resultados de las determinaciones de materia orgánica por los tres métodos estudiados; se incluyen los datos corregidos y sin corregir, con el fin de facilitar al lector su apreciación y comparación. Así mismo en la Figura 3, aparecen gráficamente los promedios de los resultados corregidos, por los tres métodos.

En la Tabla IV aparecen los porcentajes de oxidación de la materia orgánica en estos suelos por el método de la combustión húmeda, tomando como un 100% los resultados obtenidos por el método de combustión seca, puesto que por este método teóricamente se logra una oxidación total de la materia orgánica del suelo.

Entre los métodos de combustión seca y húmeda, se encontró un coeficiente de correlación de 0,944, el cual analizado estadísticamente es considerado como altamente significativo. Entre el método de combustión seca y el de ignición a baja temperatura se encontró un coeficiente de correlación de 0,736, el cual aunque apreciablemente inferior al anterior, también es altamente significativo.

#### V.— DISCUSION DE LOS RESULTADOS

##### A). Combustión seca.

Debido a que el método de combustión seca es el más exacto que determina la materia orgánica del suelo, se ha usado como patrón de comparación con los otros métodos.

Es de anotar que un estudio efectuado por el Comité de Carbón Orgánico de la Sociedad Interamericana de Ciencia del Suelo concluyó que los valores obtenidos por varios de los métodos de combustión seca concordaban estrechamente. Así, la escogencia del método depende exclusivamente de las condiciones del laboratorio (Poper, 14).

La principal limitación para el uso de este método radica en el tiempo que demora la determinación. Browing (2) anota que son requeridas aproximadamente dos horas para determinar por duplicado una muestra. Además, si hay carbonatos presentes en el suelo, deben ser removidos por medio de un tratamiento con ácido sulfuroso antes de la combustión, o se pueden determinar por separado y hacer la corrección del caso. Sin embargo, para las condiciones del Valle, los carbonatos del suelo por encontrarse en cantidades inferiores a 0,80% sólo causan un pequeño error.

## B). Combustión húmeda.

El método de la combustión húmeda tiene la ventaja de los bajos costos de operación y de equipos requeridos.

La correlación altamente significativa encontrada entre los resultados obtenidos por combustión húmeda y seca, es un buen índice de

— T A B L A II —

Resultados de la determinación de carbonatos y agua higroscópica en treinta suelos del Valle del Cauca.

SUELOS	CARBONATOS		AGUA HIGROSCOPICA
	Nº	% $\text{CaCO}_3$ (*)	
1	0.262	0.115	3.64
2	0.243	0.106	3.58
4	0.318	0.139	6.37
6	0.262	0.115	3.00
7	0.280	0.123	3.34
8	0.187	0.082	2.00
9	0.280	0.123	5.20
10	0.374	0.164	4.66
11	0.299	0.131	3.86
12	0.355	0.156	5.40
13	0.318	4.140	6.75
14	0.299	0.131	3.46
16	0.243	0.106	3.60
17	0.318	0.139	5.19
19	0.149	0.065	2.26
20	0.262	0.115	4.23
21	0.355	0.156	5.37
22	0.355	0.156	4.68
23	0.224	0.098	2.31
25	0.337	0.148	2.36
26	0.243	0.106	2.60
27	0.280	0.123	3.20
28	0.205	0.090	1.84
29	0.243	0.106	3.26
30	0.280	0.123	3.18
31	0.224	0.098	3.80
32	0.168	0.074	3.22
33	0.093	0.041	5.18
34	0.243	0.106	3.96
35	0.336	0.148	4.88
Prom.	0.267	0.117	3.88

(\*) Carbonatos expresados en términos de % de  $\text{CaCO}_3$

(\*\*) Carbonatos expresados en términos de % de  $\text{CO}_2$

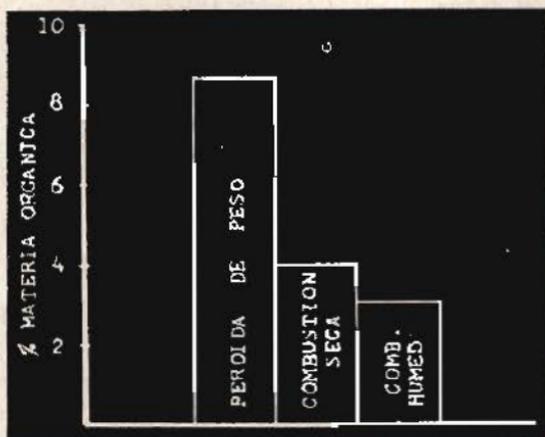


FIGURA 3.— Representación gráfica de los resultados promedios obtenidos por los métodos estudiados.

Foto: A. Figueroa.

la exactitud del primer método. Sin embargo, el hecho de que los resultados sean más bajos nos dice que la oxidación del carbono orgánico aunque uniforme, es incompleta. Schollenberger (17) indica que esta incompleta oxidación se debe a la formación de compuestos orgánicos volátiles.

Para corregir el error causado por esta oxidación incompleta y expresar los resultados en términos de materia orgánica total, algunos autores han recomendado, de acuerdo con el porcentaje de oxidación encontrado en ciertos suelos, el uso de un factor distinto de 1,03 en el cálculo de los resultados. Walkley encontró un porcentaje de oxidación en los suelos de los Estados Unidos de un 77% y de acuerdo con este resultado propuso el uso del factor 1,34 (Jackson, 8). Por otra parte, Smith y Weldon (18) encontraron un 74% de oxidación y usan el factor 1,35.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se puede establecer un porcentaje promedio de oxidación de 77,91; con base en este dato, se pueden expresar en términos de materia orgánica total los resultados de las determinaciones por combustión húmeda de las muestras de suelos del Valle del Cauca, usando el factor 1,324, calculado de la siguiente manera:

$$\% \text{ de Materia orgánica total} = \frac{(B-M) \times 12 \times 1.72 \times 100}{4.000 \times 0,7791 \times 0,5}$$

$$\% \text{ de Materia orgánica total} = (B-M) \times 1.324$$

De acuerdo con Walkley (19), las causas de error de este método se deben a:

1.—Diferencias en las condiciones de oxidación y concentración de los reactivos.

Anota el hecho de que el potencial de oxidación del sistema, depende más que todo, de la temperatura final obtenida en la digestión y por consiguiente de la óptima relación entre el ácido sulfúrico y la solución acuosa que dé el máximo de temperatura. De acuerdo con esto Peech (13), deduce que las cantidades de

— T A B L A III —

Resultados de la determinación de la materia orgánica en treinta suelos del Valle del Cauca por tres diferentes métodos.

SUELOS Nº	COMBUSTION SECA		COMBUSTION HUMEDA		PERDIDA DE PESO	
	% (*)	% (**)	%	% (*)	% (**)	
1	3.26	3.21	2.07	10.46	6.82	
2	3.39	3.34	2.69	11.75	8.17	
4	4.77	4.71	3.21	19.19	12.82	
6	4.54	4.48	3.93	11.20	8.20	
7	2.49	2.43	2.17	10.17	6.83	
8	3.14	3.10	2.43	7.49	5.49	
9	2.86	2.80	2.33	12.93	7.73	
10	5.04	4.96	3.67	14.85	10.19	
11	4.20	4.14	2.64	11.04	7.18	
12	5.00	4.93	3.93	15.31	9.91	
13	5.67	5.60	3.36	16.60	9.85	
14	4.10	4.04	3.31	12.80	9.34	
16	3.44	3.38	2.62	10.40	6.80	
17	4.58	4.51	3.31	17.08	11.89	
19	2.79	2.76	2.27	8.53	6.27	
20	4.75	4.70	3.57	13.37	9.14	
21	3.78	3.70	3.57	16.96	11.59	
22	4.87	4.79	3.46	17.23	12.55	
23	2.91	2.86	2.38	8.28	5.97	
25	2.58	2.52	1.71	7.15	4.79	
26	3.60	3.55	3.05	9.27	6.67	
27	6.89	6.83	5.33	13.63	10.43	
28	3.36	3.32	2.52	6.85	5.01	
29	2.24	2.19	1.60	8.11	4.85	
30	5.11	5.05	3.93	11.92	8.74	
31	6.30	6.26	4.60	16.85	13.05	
32	3.51	3.47	2.95	12.10	8.88	
33	6.66	6.64	5.64	23.61	18.43	
34	4.31	4.25	3.46	11.06	7.10	
35	1.84	1.77	1.45	12.41	7.53	
Prom. =	4.06	4.00	3.10	12.62	8.74	

(\*) Resultados sin corregir.

(\*\*) Resultados corregidos.

## — T A B L A IV —

**Porcentaje de oxidación de la materia orgánica en los suelos del Valle del Cauca por el método de la combustión húmeda**

SUELOS	% OXIDACION	SUELOS	% OXIDACION
1	64.48	20	75.95
2	80.53	21	96.48
4	68.15	22	72.23
6	87.72	23	83.21
7	89.30	25	67.85
8	78.38	26	85.91
9	83.21	27	78.03
10	73.99	28	75.90
11	63.76	29	73.05
12	79.71	30	77.82
13	60.00	31	73.48
14	81.93	32	85.01
16	77.51	33	84.93
17	73.89	34	81.41
19	82.24	35	81.92

Promedio 2 77.916 %.

dicromato de potasio y ácido sulfúrico, pueden ser reducidas a la mitad de las recomendadas por Walkley y Black, siempre y cuando se reduzca proporcionalmente el peso de la muestra.

2.—Presencia de ciertos constituyentes inorgánicos del suelo.

Entre los principales tenemos: cloruros, nitratos, bióxido de manganeso y hierro reducido.

3.—Variaciones en la composición de la materia orgánica.

La correlación de 0,944 encontrada en el presente trabajo entre los resultados obtenidos por los métodos de combustión húmeda y seca, es mayor que la obtenida en un experimento similar efectuado en 1945 por Schollenberger (17), que sólo dió coeficientes de correlación de 0,698 y 0,860 para muestras analizadas por duplicado. Así mismo, en un trabajo de comparación entre estos métodos citados por Jenny et al. (10), los valores extremos de oxidación por el método de combustión húmeda son 66 y 100%, muy similares a los valores extremos de oxidación obtenidos en el presente trabajo.

C). Pérdida de peso.

La ignición a bajas temperaturas y determinación de la materia orgánica total por pérdida de peso, es el más impreciso de los métodos estudiados. Uno de los principales factores que determinan esta inexactitud, es la inclusión en la pérdida de peso, del agua higroscópica del suelo (Dyal y Drosdoff, 6), para eliminar este error, se determinó por aparte el agua higroscópica y se dedujo su valor. Otros

constituyentes no orgánicos que se pierden en la ignición, hacen que los resultados sean mucho más altos que los obtenidos por combustión seca.

Además, la divergencia de opiniones de los diferentes autores que se han ocupado de este método sobre la técnica a seguir, es causa de las grandes variaciones de los resultados. Así, en 1948 Demolon (4) recomienda que la temperatura de ignición debe ser de 400°C, mientras que en 1952, Demolon y Leroux (5) recomiendan la ignición de una muestra de suelo de 5 gramos al rojo vivo. Por otra parte Knowels y Watkin (11) usan 10 gramos de suelo y lo someten a una temperatura entre 650 y 900°C.

Por estas causas no es recomendable el empleo de este método excepto en el caso de que sólo se quiera hacer una prueba rápida del contenido de materia orgánica

## VI.— RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el presente trabajo se determinó la materia orgánica de treinta muestras de suelos del Valle del Cauca por los métodos de combustión seca, húmeda y pérdida de peso por ignición a bajas temperaturas, con el objeto de dar alguna información básica sobre la conveniencia o limitaciones del uso de tales métodos para estos suelos. Con tal objeto, se compararon los resultados obtenidos por los tres métodos, se hicieron las correcciones del caso, se establecieron coeficientes de correlación y se obtuvo un promedio de oxidación de la materia orgánica usando el método de combustión húmeda.

Los porcentajes promedios de materia orgánica fueron: 4,0% por combustión seca; 3,10% por combustión húmeda y 8,74% por pérdida de peso. Los resultados por el primer método fueron corregidos de acuerdo con el contenido de carbonatos del suelo y los del último con el contenido de agua higroscópica. Los coeficientes de correlación obtenidos por los métodos de combustión húmeda y pérdida de peso, al ser comparados con los de la combustión seca, fueron de 0,944 y 0,736 respectivamente; estos coeficientes analizados estadísticamente resultaron ser altamente significativos. El porcentaje de oxidación de la materia orgánica por el método de combustión húmeda fue de 77,91%.

De los resultados anteriores se pueden desprender las siguientes conclusiones:

1.— El método de combustión seca es el más exacto de los estudiados. Como limitaciones de su empleo se le pueden anotar el alto costo del equipo requerido y el tiempo que demora su determinación.

2.— El método de combustión húmeda, tanto por la rapidez en las determinaciones como por su relativa exactitud, es recomendable para determinaciones corrientes de laboratorio, siempre y cuando se expresen los resultados en términos de materia orgánica to-

tal mediante el uso en el cálculo de los resultados, del factor 1,324 deducido del porcentaje de oxidación de la materia orgánica en los suelos de Valle por este método.

3.— Debido a su baja exactitud, la determinación de la materia orgánica por pérdida de peso mediante ignición a bajas temperaturas, sólo es recomendable en el caso de que se quiera hacer una prueba rápida del contenido de materia orgánica. La amplia variación en el contenido de humedad higroscópica de los diferentes suelos, hace que este método sea de poco valor para usos generales.

### THREE METHODS OF COMPARISON FOR THE DETERMINATION OF SOIL ORGANIC MATTER IN SOME SOILS OF THE CAUCA VALLEY

#### SUMMARY AND CONCLUSIONS

In the present work determinations of the organic matter content of thirty samples of soils of the Cauca Valley were made by the methods of dry combustion, wet combustion and loss of weight by ignition at a lower temperature, with the objective of providing some basic information on the convenience or limitations of the use of such methods for these soils. The results obtained by the three methods were compared in addition needed corrections for inorganic carbonates were made, coefficient correlations were calculated, and an average of the degree of oxidation of the soil organic matter was obtained using the wet combustion method.

The average percentages of the organic matter in all soils were: 4,0% for the dry combustion method; 3,10% for the wet combustion and 8,47% for the loss of weight. The results for the first method were correcter according to the content of carbonates in the soil and for the last procedure according to the content of hygroscopic water. The coefficients of correlation obtained by comparing the methods of wet combustion and loss of weight with the dry combustion method were: 0,944 and 0,736 respectively. These coefficients according to statistical analysis were highly significant. The percentage of oxidation of the organic matter by the method of wet combustion was 77,91%, using the results of dry combustion as standard.

The following conclusions can be drawn from above results:

- 1.—That the dry combustion method is the most accurate of those studied. As for limitations of its use it can be listed these: the high cost of equipment required and the delay in getting its determination .
- 2.—That the method of wet combustion for its quickness in the determination as well as for its relative accuracy is suitable for the current determinations of laboratory.
- 3.—That the determination of soil organic matter as measured by

its loss of weight upon ignition at low temperatures is only suitable in the case that a rapid test of the content of organic matter is desired due to its low accuracy. Wide variability in the hygroscopic moisture content of different soils causes the loss of weight method to be of little value for general use.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ARISTIZABAL, A. y G. B. BAIRD.— Fertilidad de algunos suelos típicos del Valle del Cauca, Colombia. Bogotá. Departamento de Investigación Agropecuaria. Bol. técnico 1. 1957.
2. BROWING, G. M.— A comparison of the dry combustion and the rapid dichromate titration methods for determining organic matter in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 3: 158-161. 1938.
3. CAROLAN, R.— Modification of Graham's method for determining soil organic matter by colorimetric analysis. Soil Sci. 66: 241-27. 1948.
4. DEMOLON, A.— Dynamique du sol Paris, Dunod. 414 p. 1948.
5. DEMOLON, A. et D. LEROUX.— Guide pour l' étude expérimentale du sol. Paris, Gauthier-Villars, Imprimeur. 481 p. 1952.
6. DYAL, R. S. and M. DROSDOFF.— Determining organic matter in Florida soils. Florida Soil Sci. 3: 9-96. 1941.
7. GRAHAM, E. R.— Determination of soil organic matter by means of a photoelectric colorimeter. Soil Sci. 65: 181-183. 1948.
8. JACKSON, M. L.— Soil chemical analysis. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, 498 p. 1958.
9. JENNY, H.— Great soils groups in the equatorial regions of Colombia, South America. Soil Sci. 66: 5-28. 1948.
10. JENNY, H., F. BINGHAM and B. PRADILLA-SARAVIA.— Nitrogen and organic matter contents of equatorial soils of Colombia, South America. Soil Sci. 66: 173-186. 1948.
11. KNOWELS, F. and J. E. WATKIN.— A practical course in agriculture chemistry. Londres, MacMillan and Co. Limited. 216 p. 1950.
12. LLANO, M. DEL.— Sugarcane soil of the Cauca Valley, Colombia. Proc. 8th congr. of the Int. Soc. of Sugar Cane Technologists. Kingstone, K. Mc Cowan. 1954.
13. PEECH, M., et al.— Methods of soil analysis for soil. Fertility investigations. Washington, U. S. Dept. of Agr. Circ. 757. 1949.
14. PIPER, C. S.— Soil and plant analysis, 2d. ed. New York, Interscience Publishers, Inc. 368 p. 1950.

15. ROBINSON, W. O.— The determination of organic matter in soils by means of hydrogen peroxide. *Jour. Agr. Res.* **34**: 339-356. 1927.
16. —————. — Method and procedure of soil analysis used in the Division of soil Chemistry and Physics. Washington, U. S. Dept. of Agr. Circ. 139. 1930.
17. SCHOLLENBERGER, C. J.— Determination of soil organic matter. *Soil Sci.* **59**: 53-56. 1945.
18. SMITH, E. W. and M. D. WELDON.— A comparison of some methods for the determination of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **5**: 177-182. 1940.
19. WALKLEY, A.— A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* **63**: 251-264. 1947.